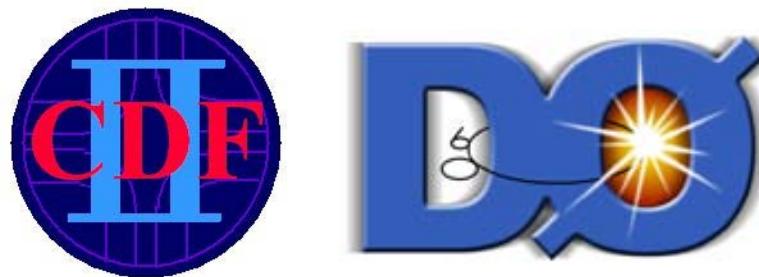


La recherche du boson de Higgs au Tevatron



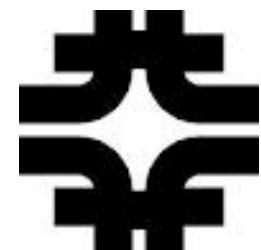
Yuji Enari



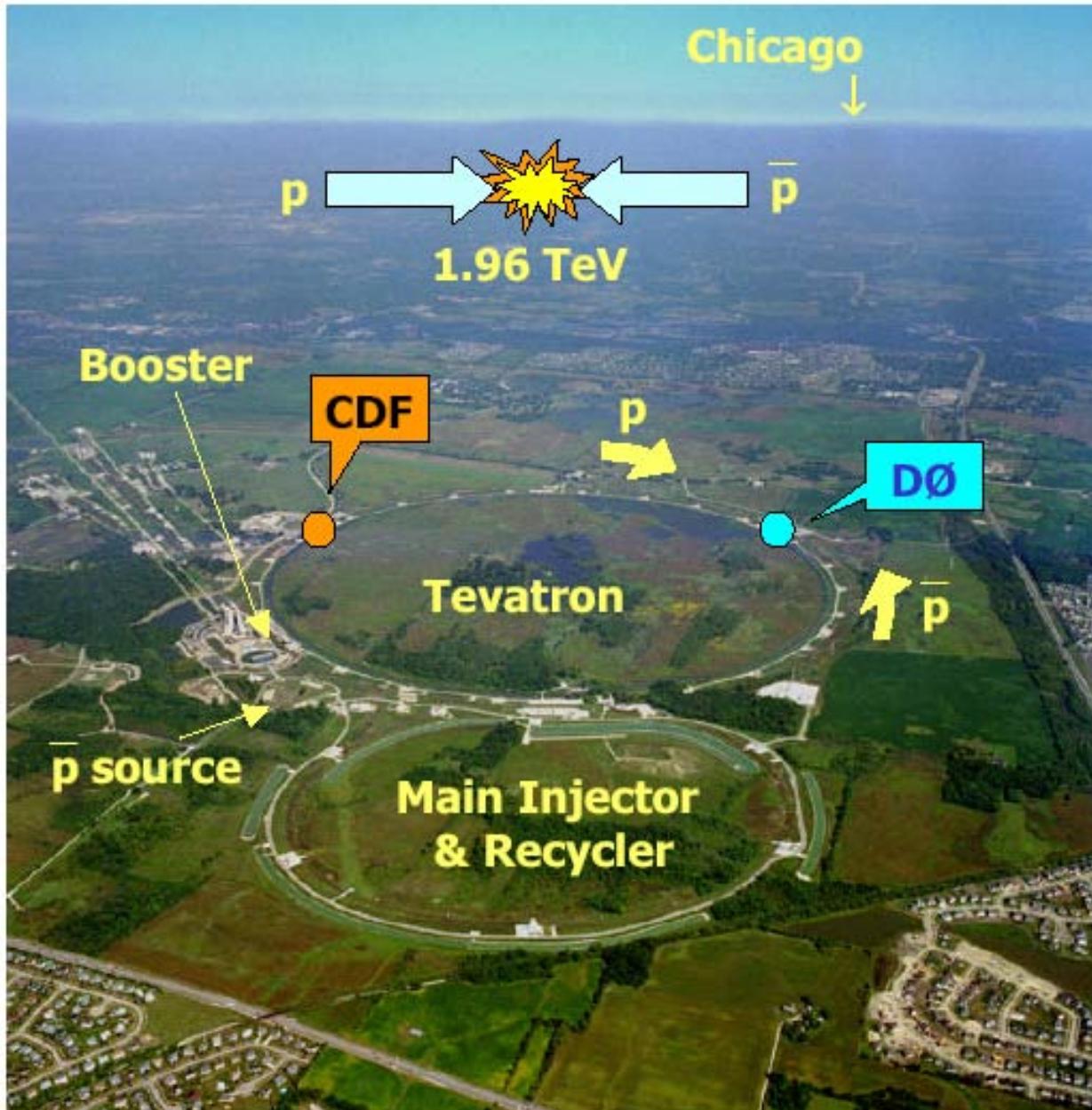
21 Sep 2011
LPNHE Biennale 2011

- 19 pays, 74 instituts, ~ 550 chercheurs.
 - D0 France: ~ 50 chercheurs.
 - LPC, LPSC, CPPM, LAL, LPNHE, IPHC, IPNL and CEA

Spokespersons: D. Denisov & **G. Bernardi**



DZero au Tevatron, Fermi Lab

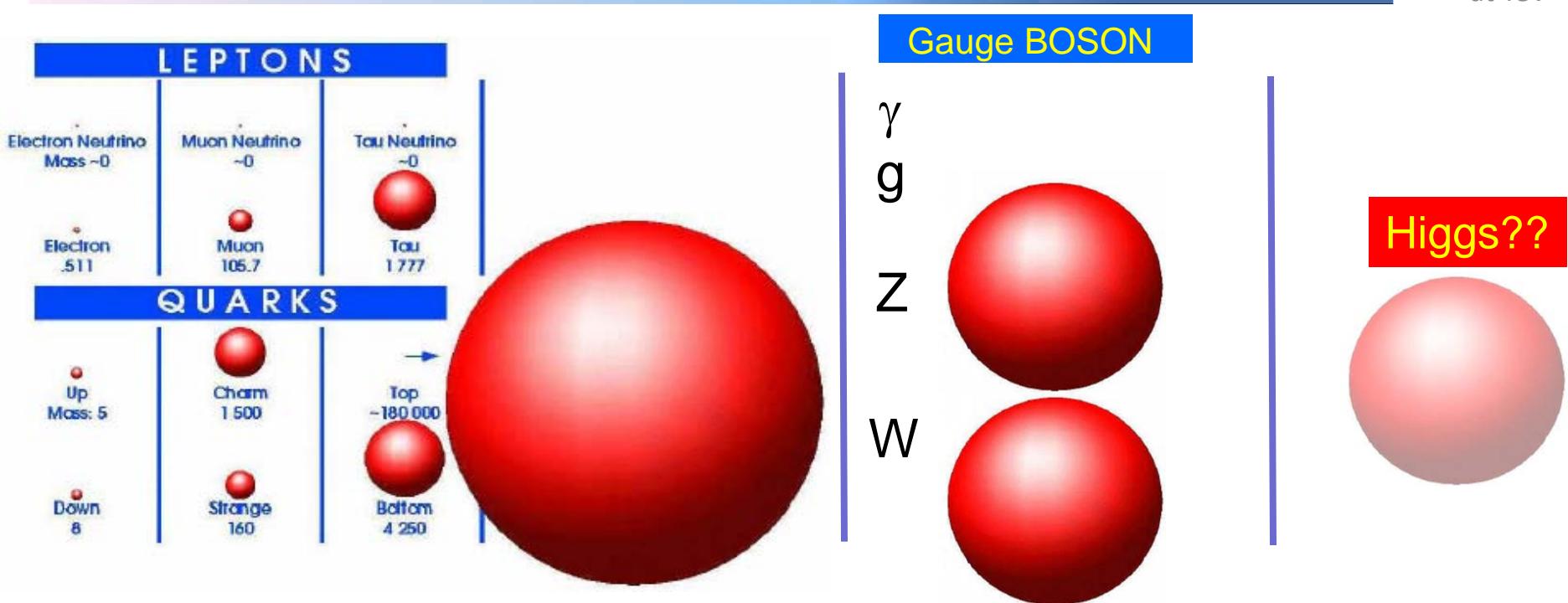


- Officer: Why you come to US?
- Me: I'm researcher, working on particle physics....
- Officer:
- Me: It's high energy experiment at Fermilab....
- Officer: **Low Mass HIGGS?!**
- Me: Yes, yes, yes! That's right! Why do you know my work?!
- Officer: Ha Ha ha!



Même un douanier connaît le Higgs!!

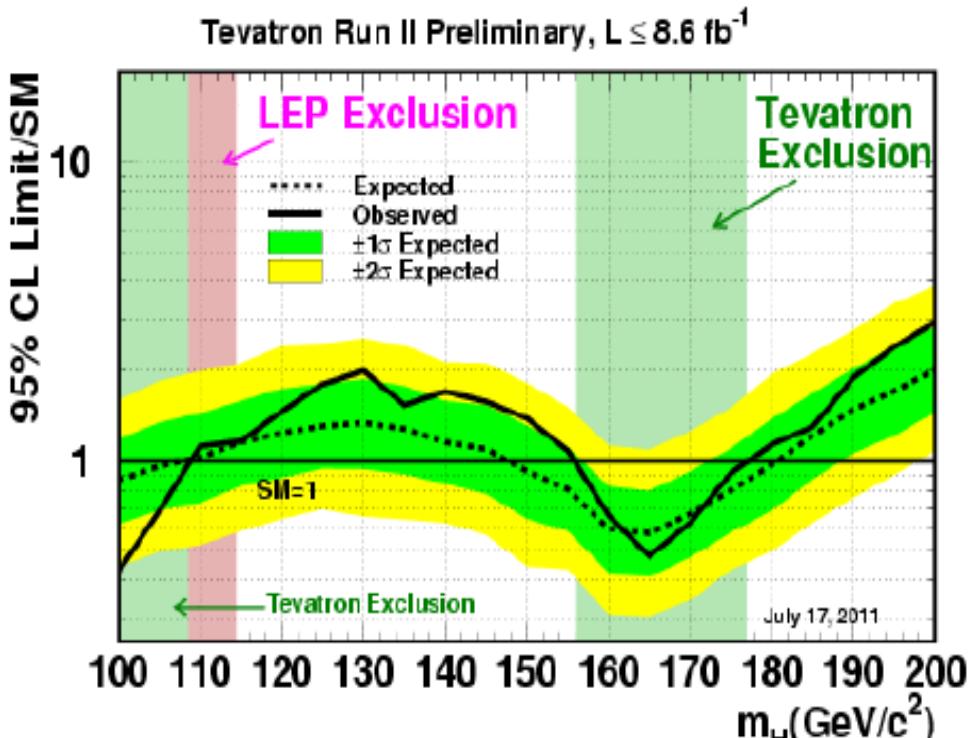
Pourquoi le Higgs est un sujet chaud



- Le Modèle Standard décrit des particules massives...
- Grâce au mécanisme de Higgs!
- Mise en évidence expérimentale
 - Nécessite l'observation ou l'exclusion

Recherche du Higgs au Tevatron

- Première exclusion autour de 160 GeV (2010)
- Exclusion à basse masse jusqu'à 108 GeV



SM Higgs excluded @ 95% C.L.

$156 < m_H < 177 \text{ GeV obs}$ ($148 < m_H < 180 \text{ GeV exp}$)
 $100 < m_H < 108 \text{ GeV obs}$ ($100 < m_H < 109 \text{ GeV exp}$)

ATLAS:
exclu $M_H > 146 \text{ GeV}$
CMS:
exclu $M_H > 145 \text{ GeV}$

Recherche à basse masse avec $H \rightarrow bb$ est cruciale.

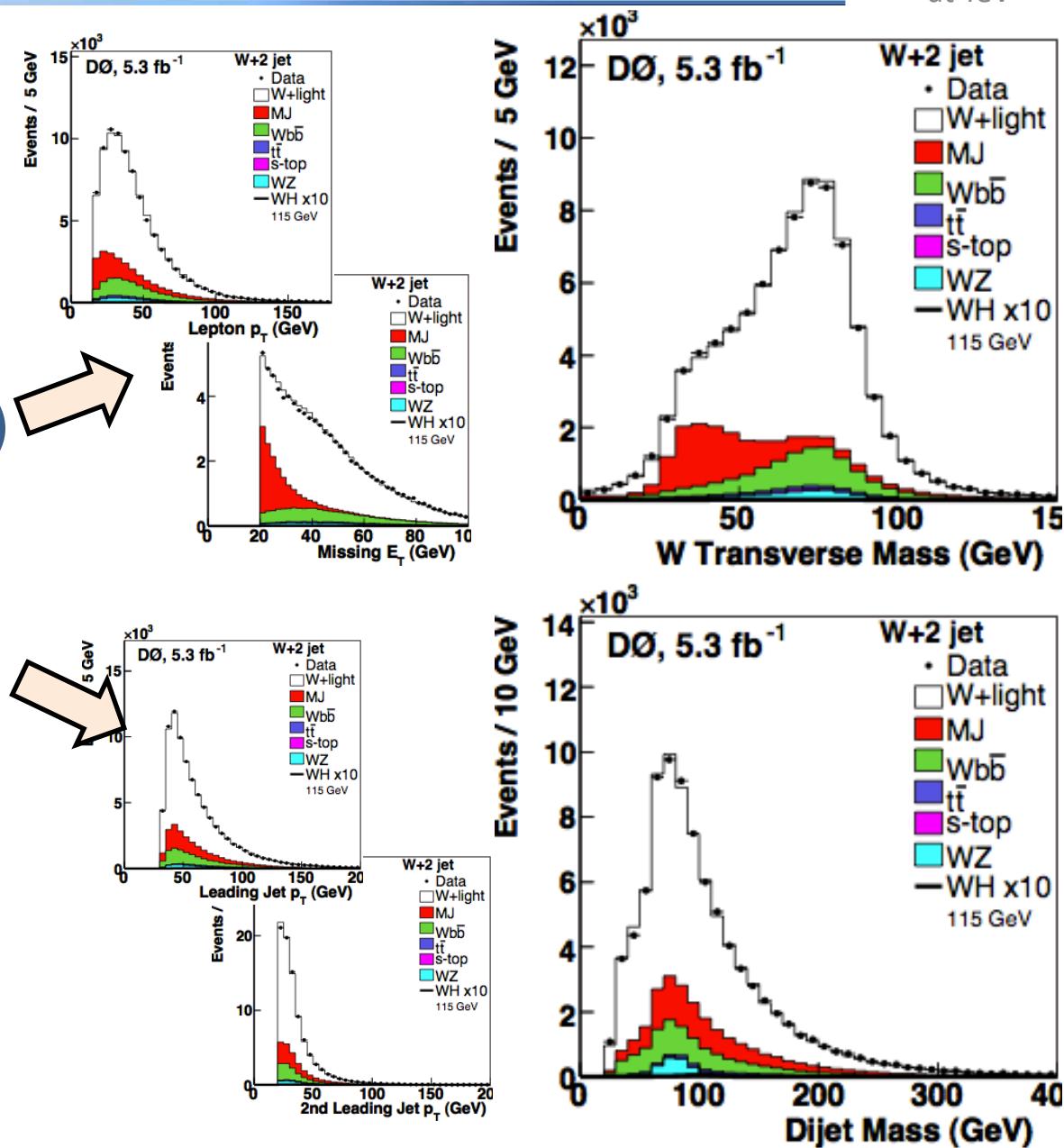
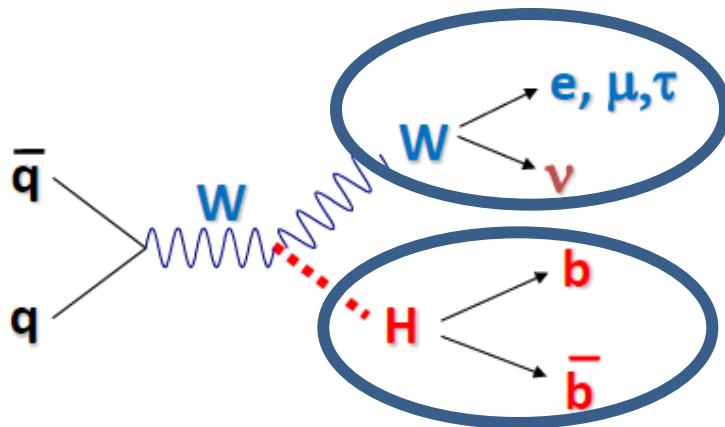
- pour mesurer le rapport d'embranchement
- Difficile au LHC

Contribution a la limite

- 95% CL Limits pour chaque analyse (2011)

	MH=115 GeV $H \rightarrow bb$			MH=165 GeV $H \rightarrow WW$		
mode	llbb	lvbb	vvbb	ee	eμ	μμ
Obs.	4.9	4.6	3.2	2.6	1.1	2.2
Exp.	4.8	3.5	4.0	2.1	1.3	2.2
D0 comb.	Obs: 1.8 Exp.: 1.9			Obs.: 0.7 Exp.: 0.9		
TeV comb.	Obs: 1.2 Exp: 1.2			Obs.: 0.5 Exp.: 0.6		

LPNHE: a la tête de l'analyse lvbb,
→ meilleur résultat à basse masse.
forte contribution dans la combinaison D0/TeV

L'analyse $W H \rightarrow l v b\bar{b}$ 

L'analyse WH → lvbb

W+2jets @ 10 fb⁻¹:

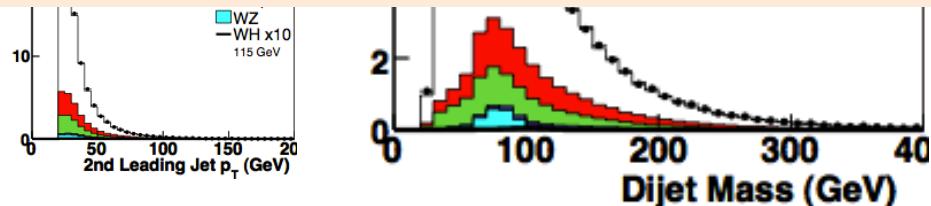
Signal attendu: 100 evenements

Bruit de fond attendu: ~ 1.2 M evenements

- Bonne modélisation du bruit de fond nécessaire
- Le groupe a passé beaucoup de temps pour comprendre et modéliser le bruit de fond.

Strategie:

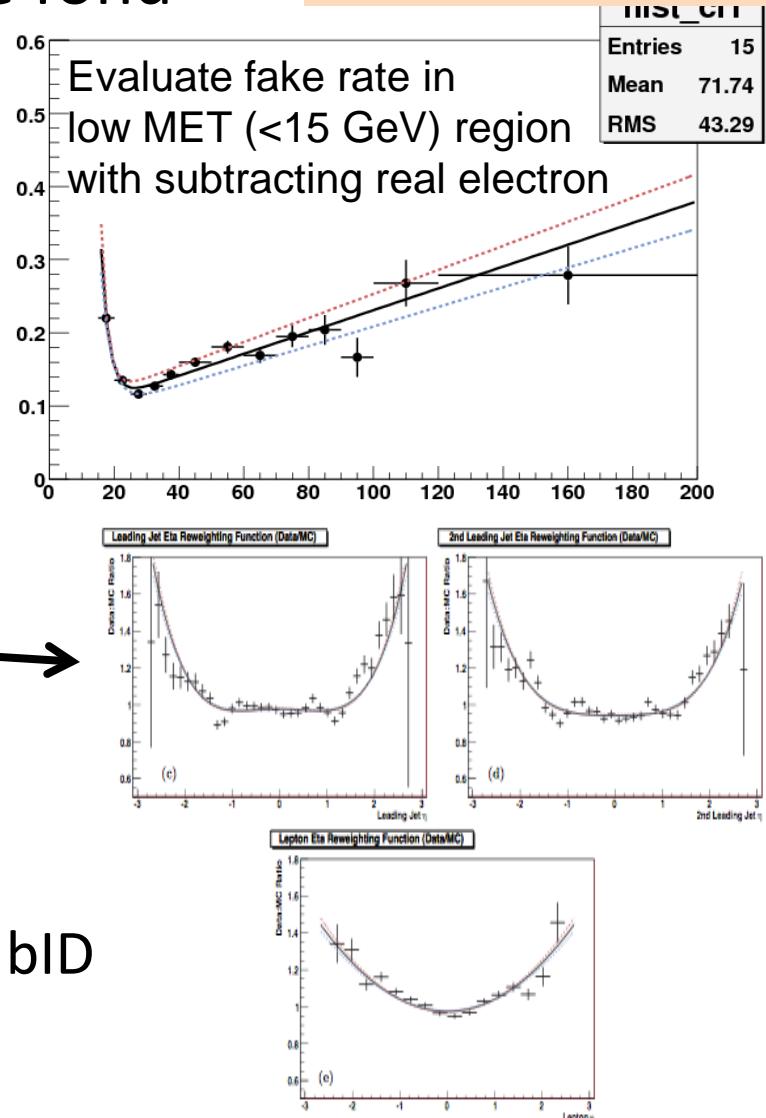
1. bonne compréhension du bruit de fond
2. erreurs systématiques
3. augmenter la sensibilité.



1. bonne comprehension du bruit de fond

- QCD estimation
 - Estime avec les donnees.
 - lepton fake rate est cruciale.
- Modèle W+jets
 - ALPGEN modeling.
 - Reweighting Monte carlo aux donnees.
- bID:
 - Correction & Usage de l'information bID
 - Optimisation

Y. Enari, N. Huske



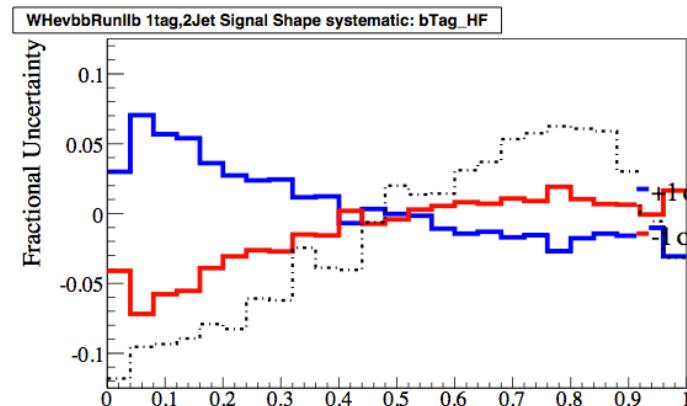
Erreurs systématiques

Source	$W \rightarrow e\nu$	$W \rightarrow \mu\nu$
Luminosité	6.1	6.1
Section efficace b.d.f.	6-20	6-20
Lepton ID/Trigger	2-3	3-5
Jet ID	1-2	1-2
Jet Energy Scale	2-5	2-5
bID	9-11	9-11
Bruit de fond Multijet	1.0	1.0
PDF, Modélisation MC	2-3	2-3

J. Brown, Y Enari

Normalisation

Forme

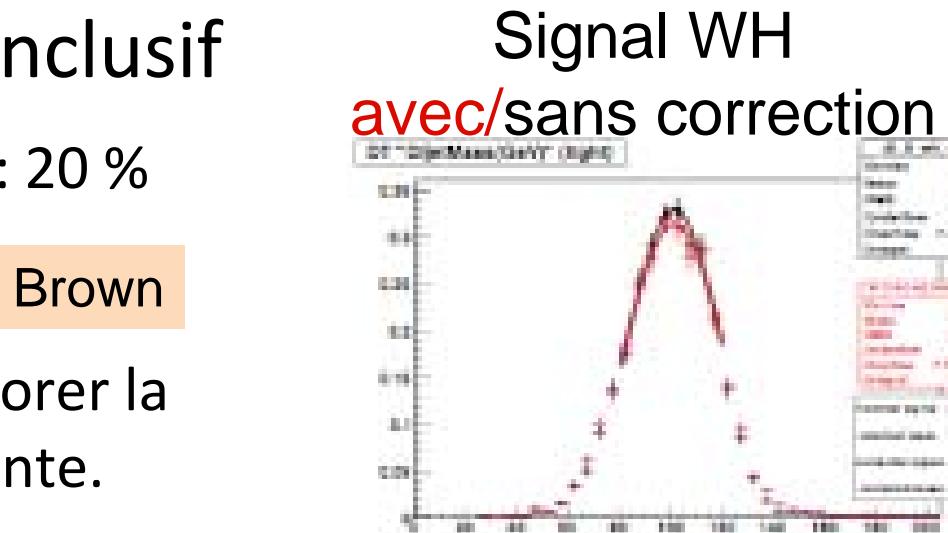
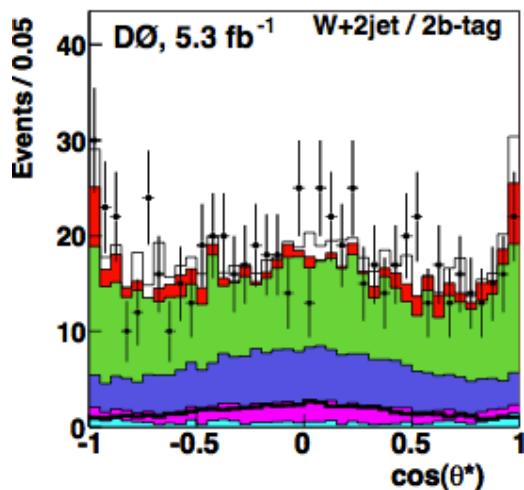


Variation $\pm 1\sigma$ de l'efficacité du
bID, Signal WH

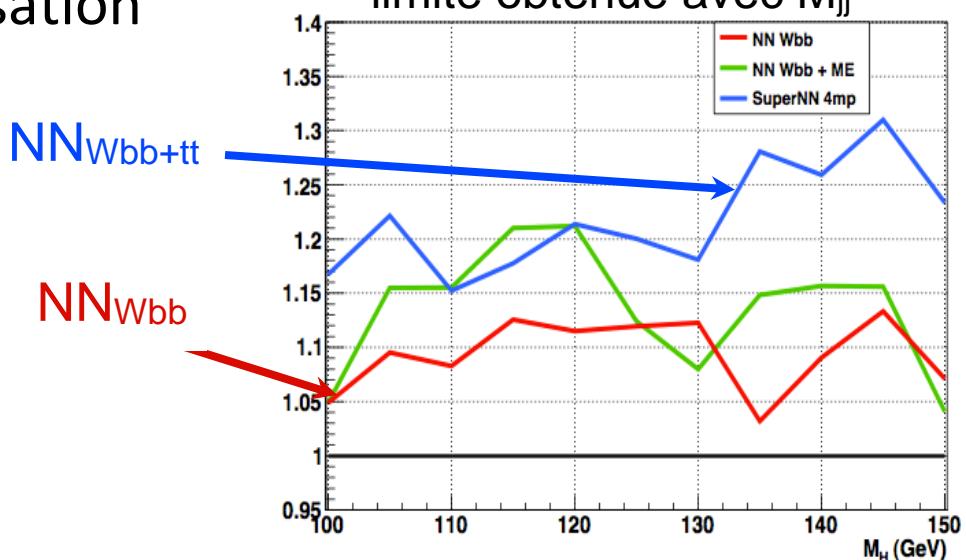
- Évalue pour chaque bruit de fond.
~ 60 variations de forme pour un point de masse.

Augmenter la sensibilité.

- Développement trigger inclusif
 - Gain de l'efficacité de trigger : 20 %
- Jet energy resolution J. Brown
 - Beaucoup d'essais pour améliorer la résolution de la masse invariante.
- Analyse multivariées J. Brown
 - Nouvelles variables et optimisation



Amélioration par rapport à la limite obtenue avec M_{jj}

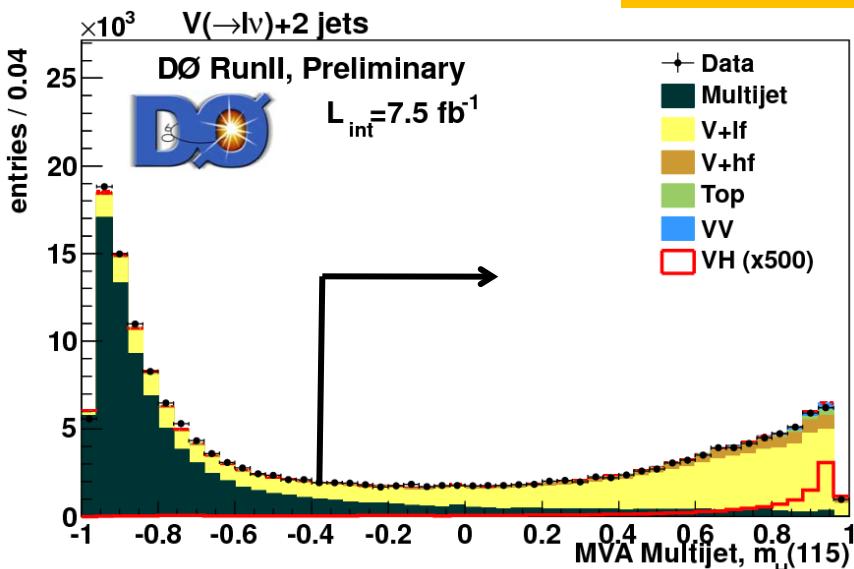


- Changement des critères d'identification des leptons
 - DØ muon
 - Critères relachés pour le muon
 - Mise à jour des conditions d'isolation
 - Utilisation de tous les termes trigger
 - DØ Electron
 - Critères relaché
 - Optimisation de la rejection Multi-Jet (MJ) au lieu du veto WtrMass > 40 – 0.5 MET

Y. Enari

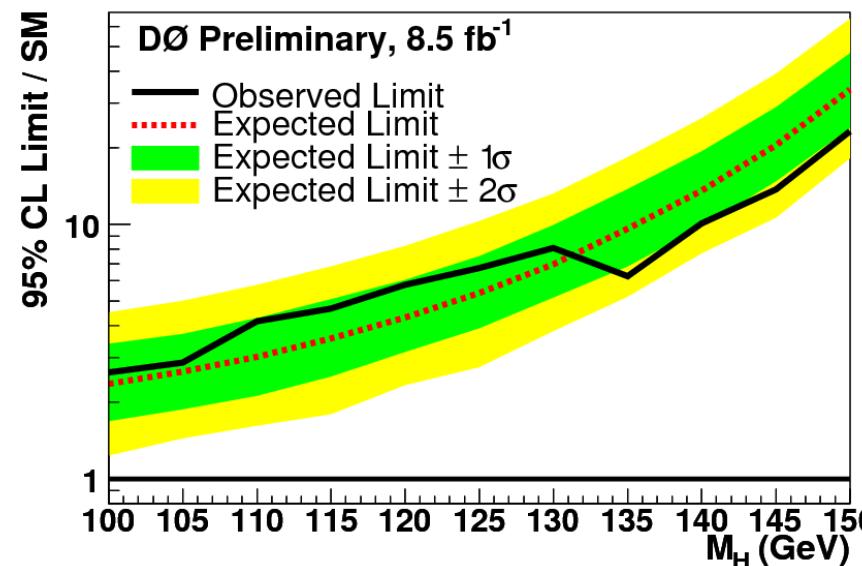
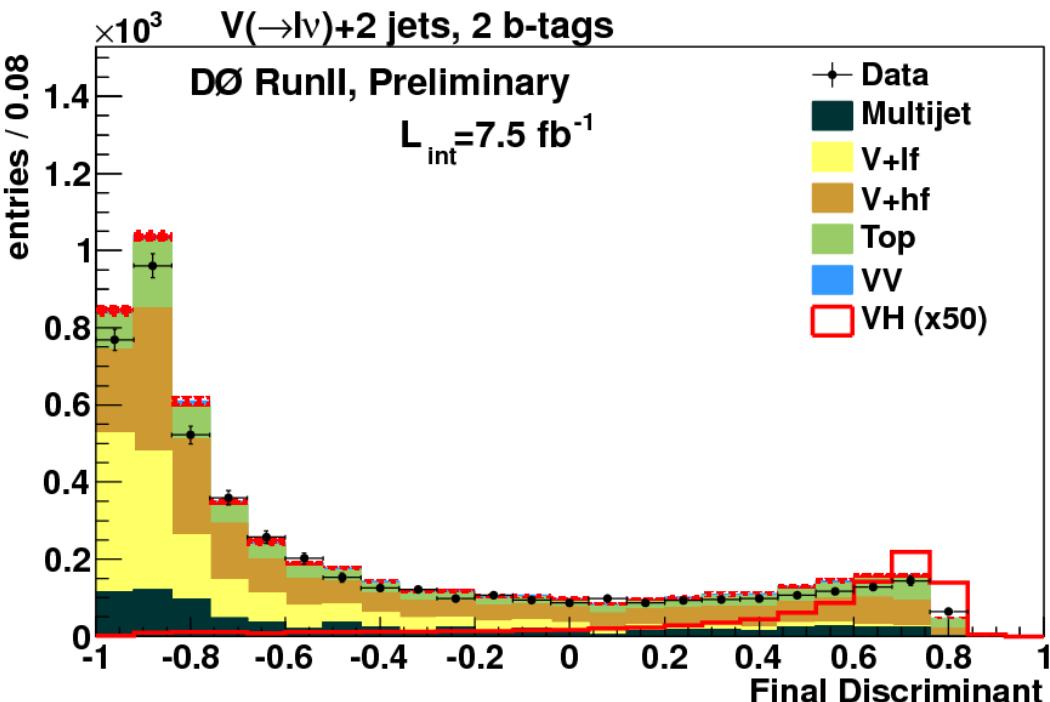
gain de ~ 15%
sur l'efficacité muon.

gain de ~ 15% d'efficacité du
signal pour le même taux de
Multijet.



Résultats DØ

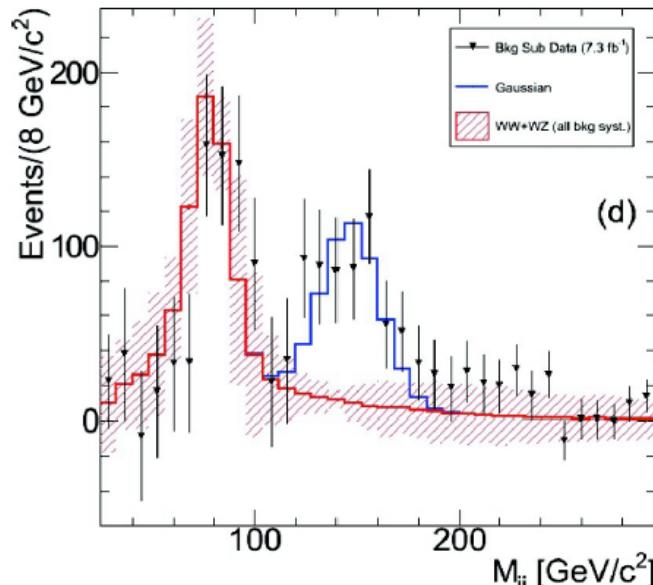
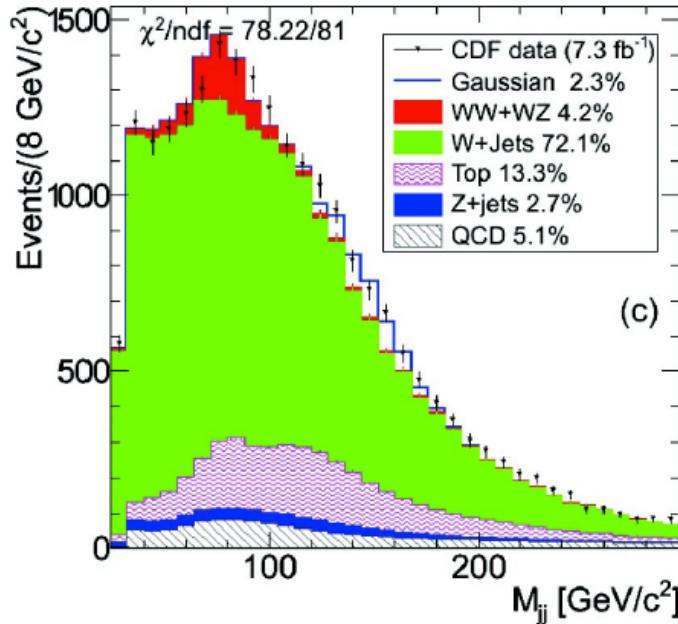
WH \rightarrow lvbb $\int L dt = 8.5 \text{ fb}^{-1}$



95% CL Exp (obs) Limit
3.5 (4.6) \times SM
@ $M_H=115 \text{ GeV}$

- Bruits de fond dominant: $W + b\bar{b}$ et top.
- On constate une amélioration de 10 % au-delà de la luminosité.
- Meilleure sensibilité à Dzero à basse masse.

CDF Bump W+2jets

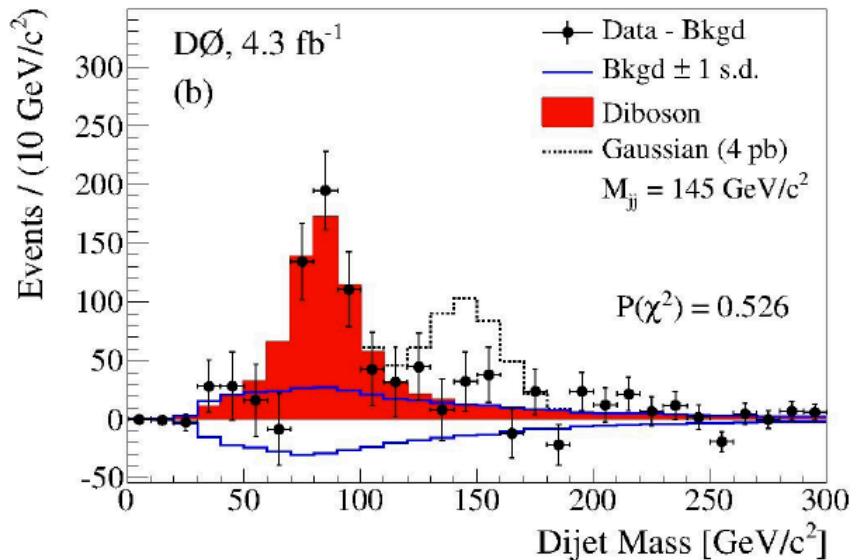
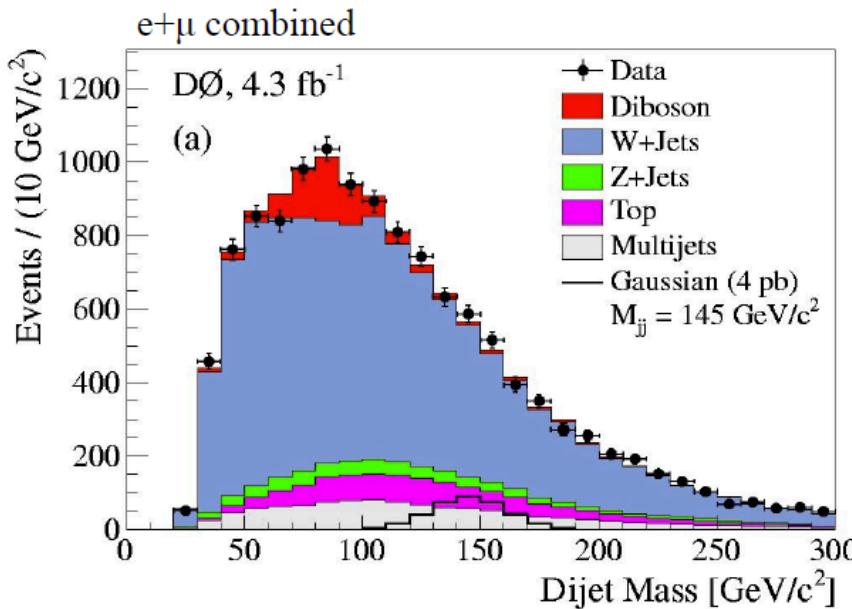


CDF:

- Avril 2011 : 3.2 s.d. **bump a 144 GeV**, $\sigma=4$ pb
 - Publie dans PRL
- Mai 2011 : preliminary a Blois 2011
 - Plus grande significance : 4.1 s.d. avec 7.3 fb $^{-1}$.

Seminaire par A. Annovi at LPNHE en avril 2011

D0 result on Bump W+Jet



- Juin 2011: Resultat DZero (PRL)
 - **No bump** à $\sim 144 \text{ GeV}$
 - Exclu 4 pb @ 144 GeV à 95 % CL.
- Le directeur de Fermilab a lance une task force.
 - Il semble que la Jet energy scale pour les jets de gluon ne soit pas traitee correctement.
- Contribution du LPNHE (Greg en temps que Phys. Coordinator)
 - Yuji participe à la revue interne de l'analyse de D0

Contribution du LPNHE

Nom	Responsabilites	Talks
G. Bernardi	Phys. Coordinator (2009-2011) Dzero Spokes (2011-)	Lepton Photon 2009, Susy 2011
J. Brown	Ph.D Thesis (2011)	APS 2010, Lake Louise 2011
D. Brown	QCD EB chair (-2010) Clued0 Admin. (2010-)	Blois 2010, DPF 2011
Y. Enari	Clued0 Admin (-2010), D0 AC Chair (2010), Low Mass Higgs Conv. (2009-2011)	Moriond EW 2009 ICHEP 2010 Higgs Hunting 2011
N. Huske	Ph.D Thesis (2010)	Higgs Hunting 2010
D. Li	Ph.D Thesis (2013)	

Publication: WH search 1.0 fb^{-1} : Phys. Rev. Lett. 102, 051803 (2009)

WH search 5.3 fb^{-1} : Phys. Lett. B 698, 6 (2011)

Preliminary result: 2009 Winter, 2009 Summer , 2010 Summer, 2011 Summer.

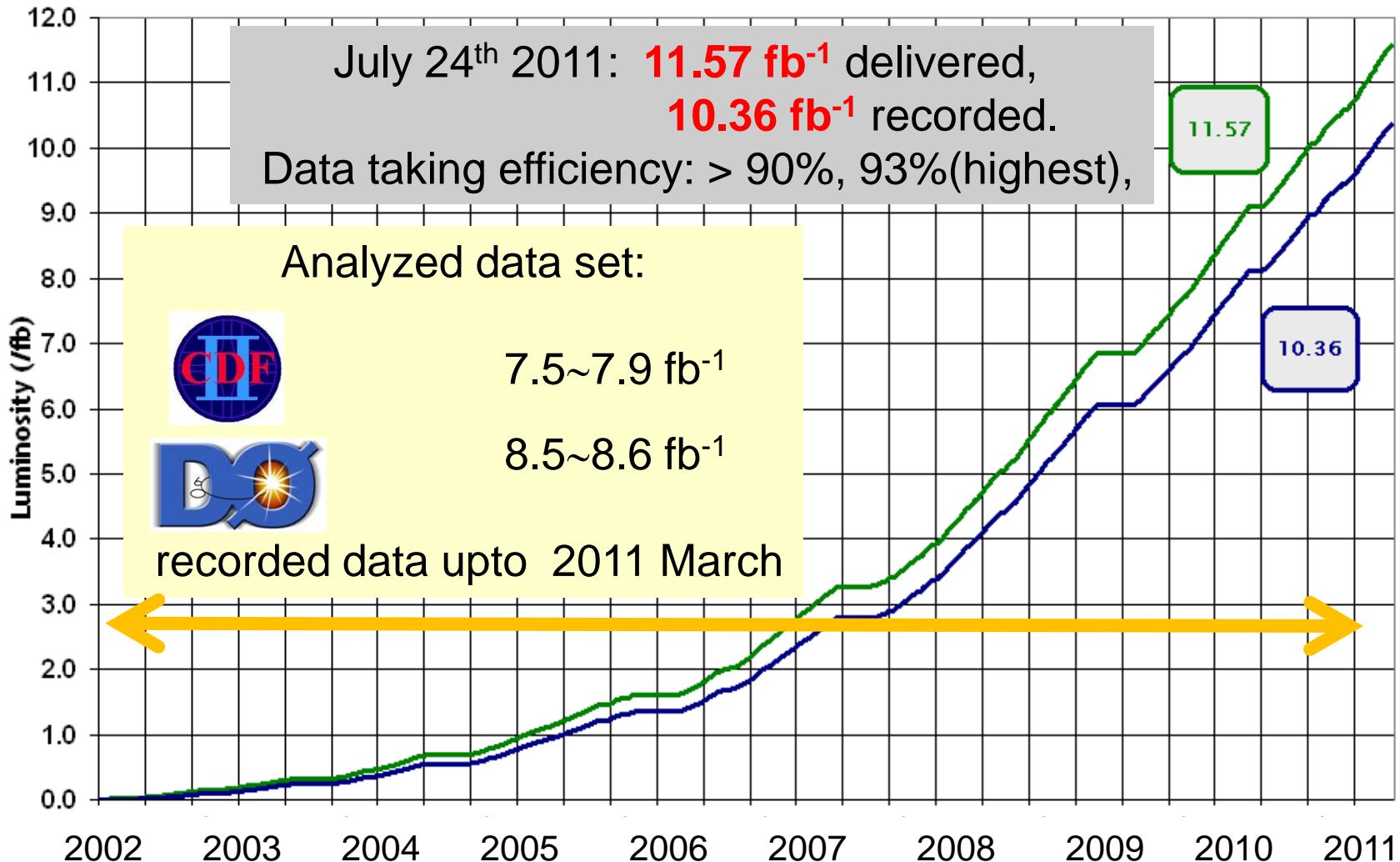
Conclusion

- Le LPNHE est fortement impliqué dans le programme Higgs au Tevatron
 - Particulièrement pour le mode $H \rightarrow bb$
 - Nous sommes les contributeurs principaux
 - Impact fort dans la combinaison
- Futur
 - Arret de la prise de donnees la semaine prochaine.
 - Big party!
 - Statistique finale de 10 fb^{-1}
 - Continuer dans la recherche $H \rightarrow bb$
 - Pour mesurer les propriétés du Higgs
 - $VZ \rightarrow l\nu bb$ est un objectif à court terme
 - Beaucoup d'améliorations seront apportées à l'été prochain

Data Set

Tevatron RunII integrated luminosity

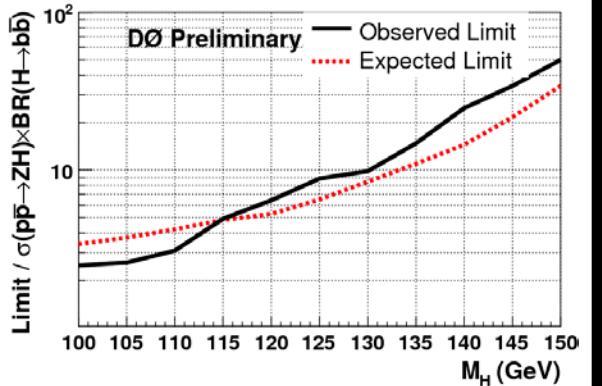
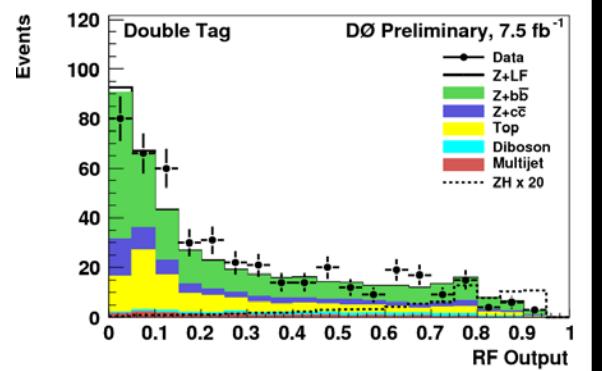
19 April 2002 - 24 July 2011



Thanks to the Tevatron Accelerator Group for great effort !!

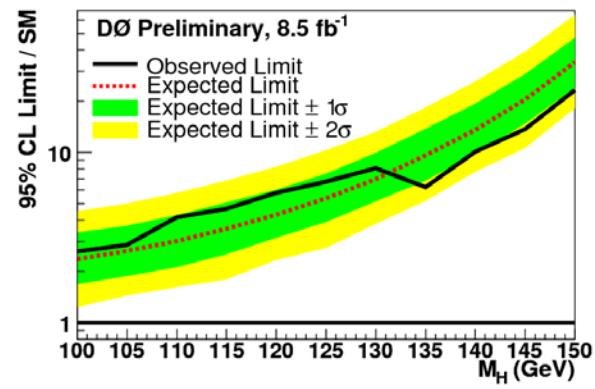
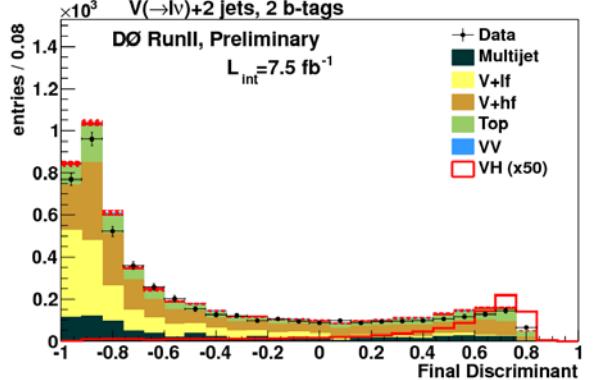
Résultats DØ

ZH $\rightarrow ll b\bar{b}$ +Ldt=8.6 fb $^{-1}$



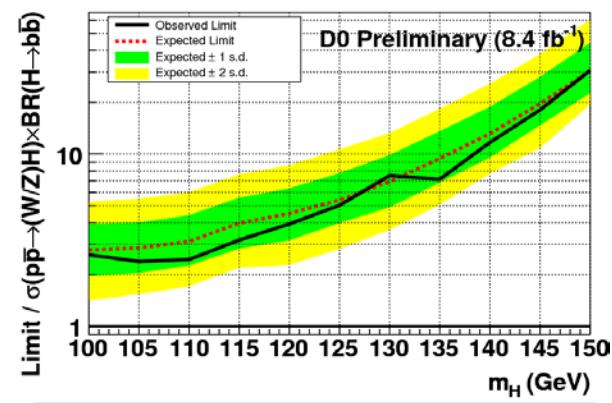
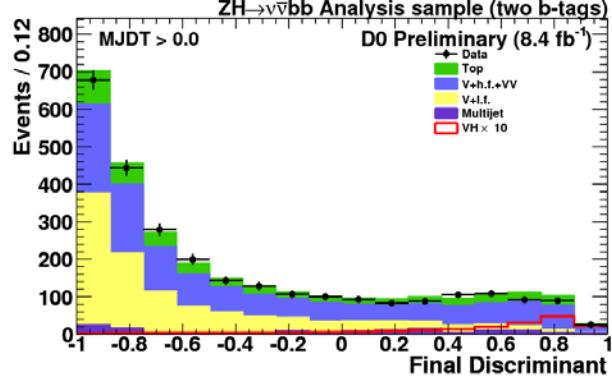
95% CL Exp (obs) Limit
4.8 (4.9) x SM
@ MH=115 GeV

WH $\rightarrow lv b\bar{b}$ +Ldt=8.5 fb $^{-1}$



95% CL Exp (obs) Limit
3.5 (4.6) x SM
@ MH=115 GeV

VH $\rightarrow vv b\bar{b}$ +Ldt=8.4 fb $^{-1}$



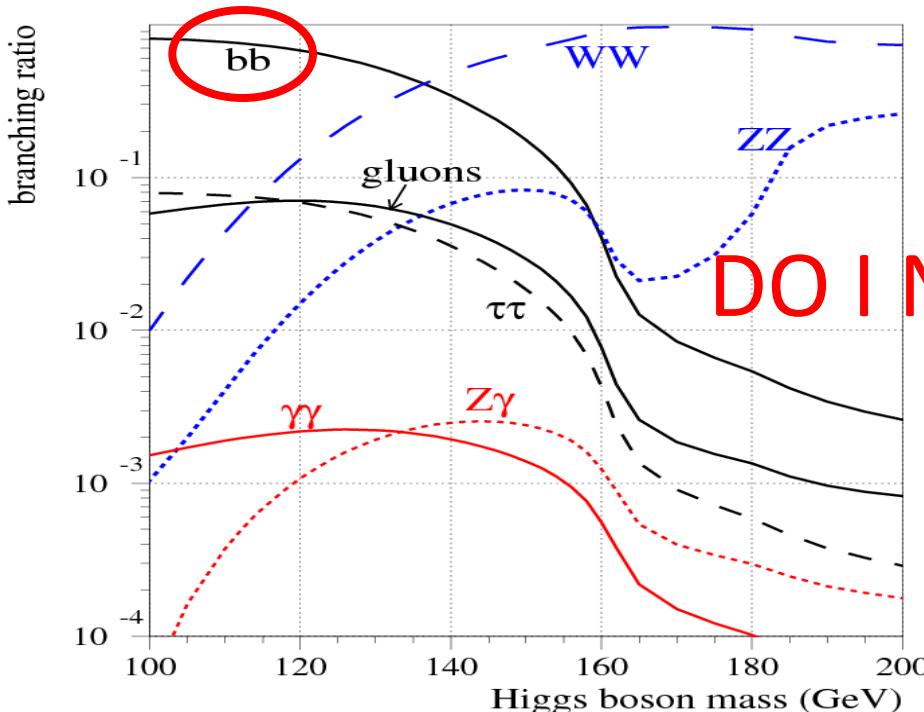
95% CL Exp (obs) Limit
4.0 (3.2) x SM
@ MH=115 GeV

Gain de 10% au-delà de la luminosité

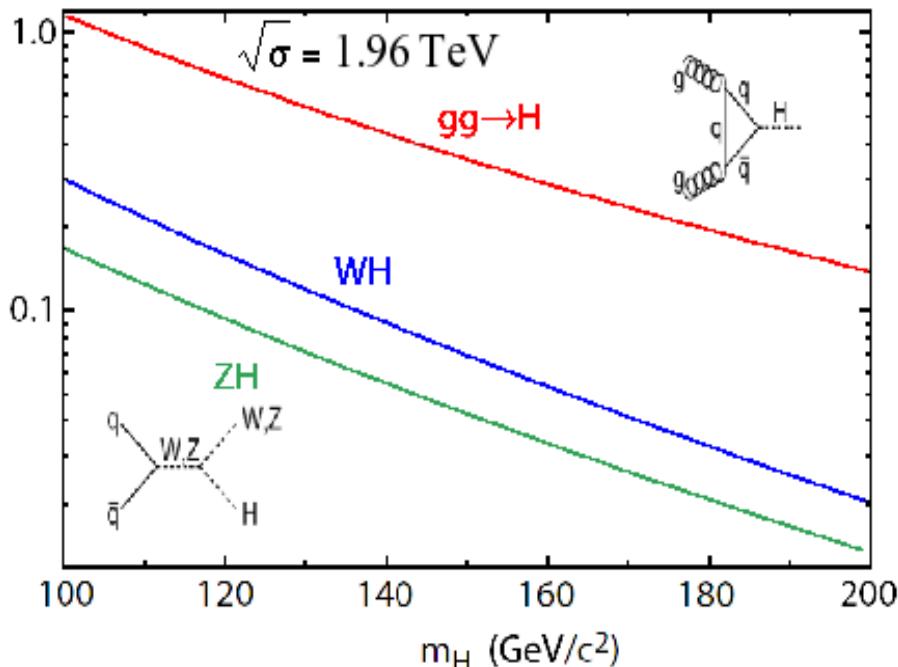
Comment trouver le Higgs?

- Désintégration du Higgs

- Comme le top est trop lourd, la paire bb est la plus lourde à basse masse ($M_H << 2 \times M_{top}$)
- Mode de désintégration dominant dans la région $M_H < 2 \times M_W$
- La découverte du mode $H \rightarrow bb$ mode est essentielle pour établir le MS.

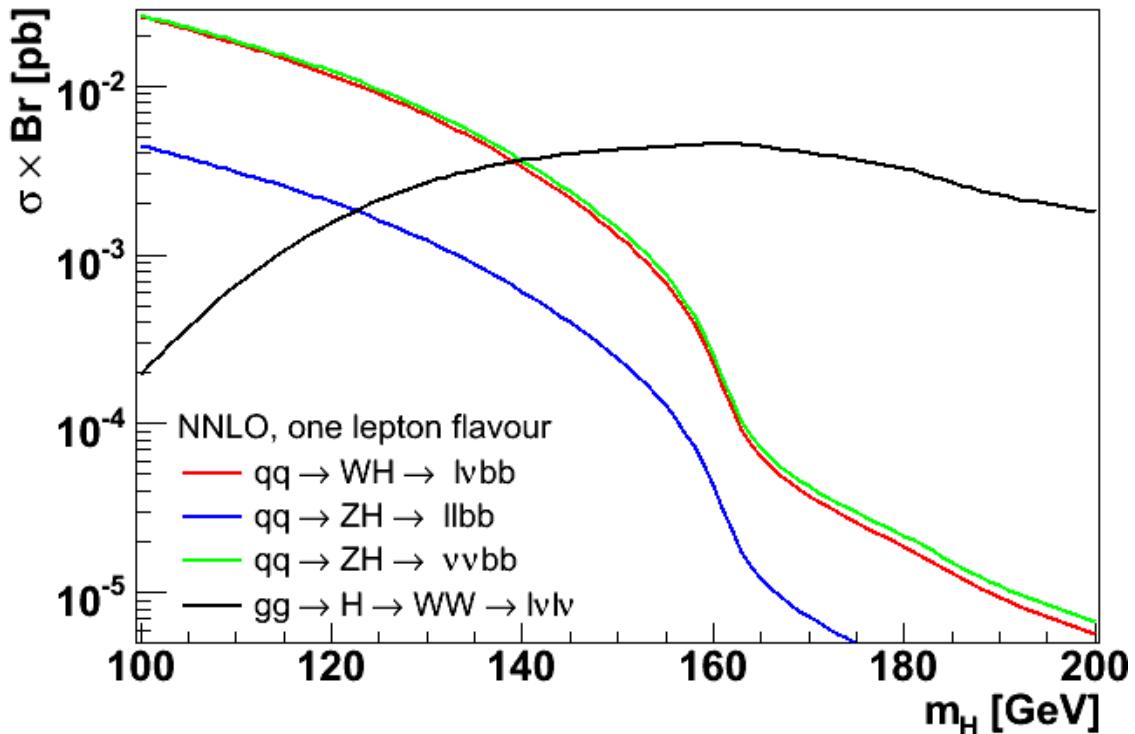


Production du Higgs standard



- Section efficace la plus grande: gg → H **J'ai besoin de ca???**
 - Le Higgs se désintègre en bb dans la région à basse masse
 - → Bruit de fond multi-jet trop grand, presque impossible
- Production associée W ou Z à basse masse
 - Lepton de grand pT avec la désintégration H → bb.

Three Channels with $H \rightarrow b\bar{b}$



Other SM Higgs search

- $H \rightarrow \gamma\gamma$
- $VH \rightarrow l + \text{jets}$
- $VH \rightarrow ll(l) + x$
- $H \rightarrow WW \rightarrow lljj$

→ See next talk !

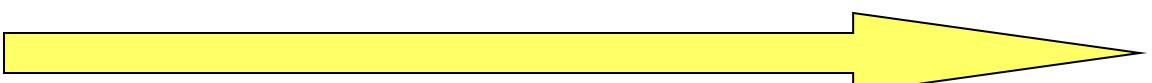
ZH → {} bb
MET+bb

WH → l bb
l+MET+bb

ZH → ll bb
2l(e/μ)+bb

Multi-Jet (MJ) Background:

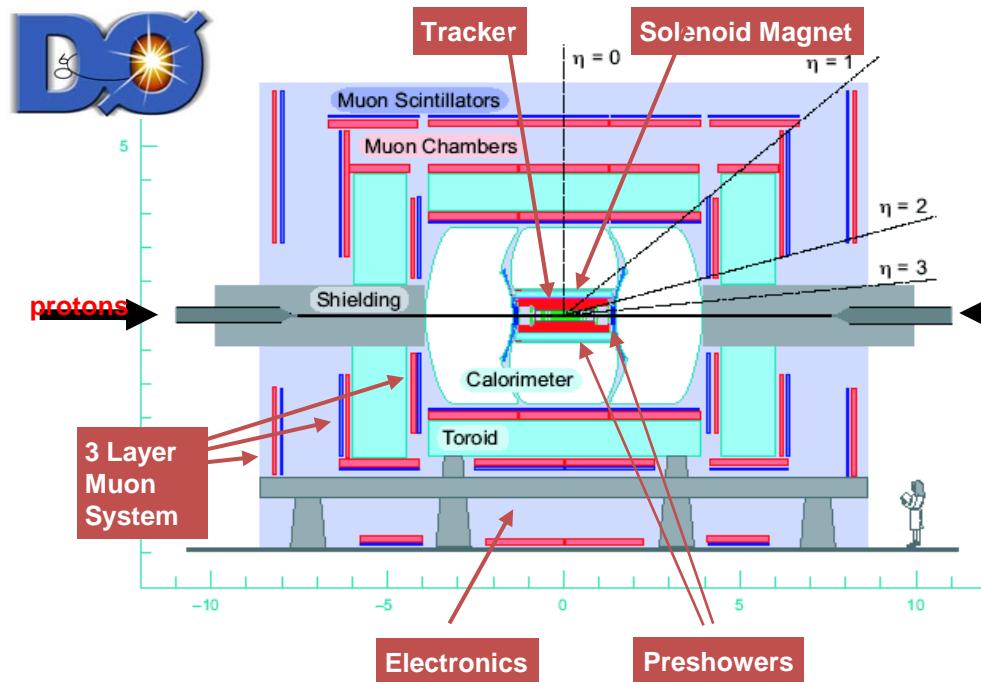
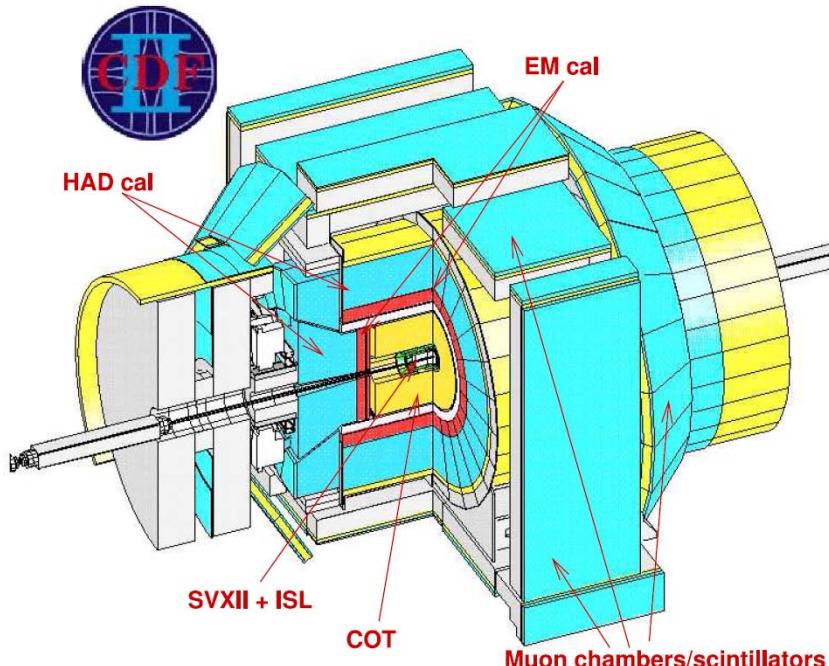
HIGH



LOW

Note: No Single analysis can find Higgs → Combination with Dzero and CDF.

CDF and D \emptyset Detector



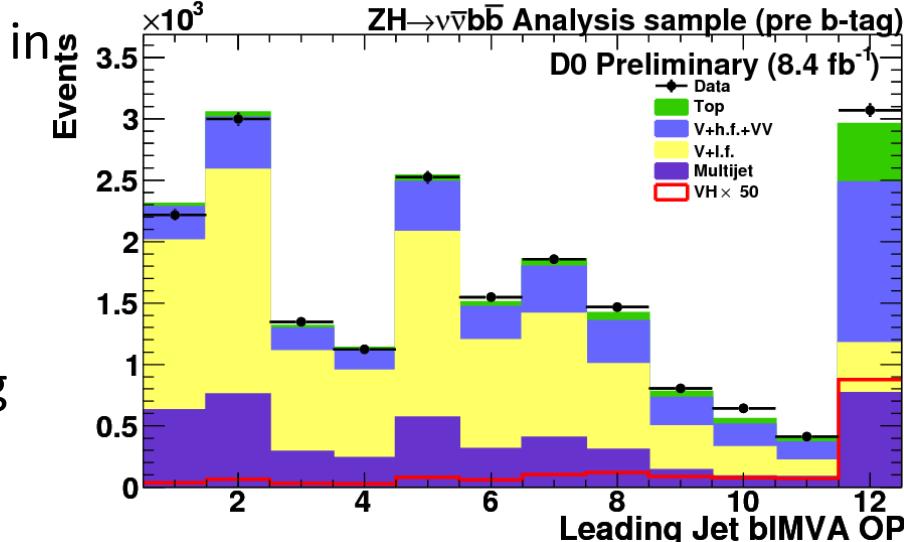
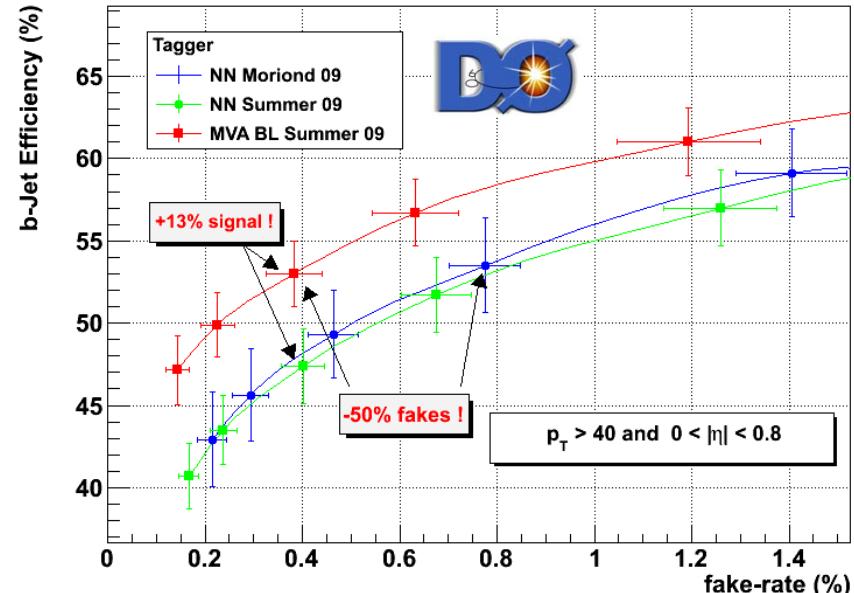
General purpose detector
Good hermeticity

Rapidity coverage

	CDF	Dzero
Track	2.0	2.5
Cal (EM,HAD)	3.6	4.0
Muon	1.0	2.0
B-field	1.4 T	2.0 T

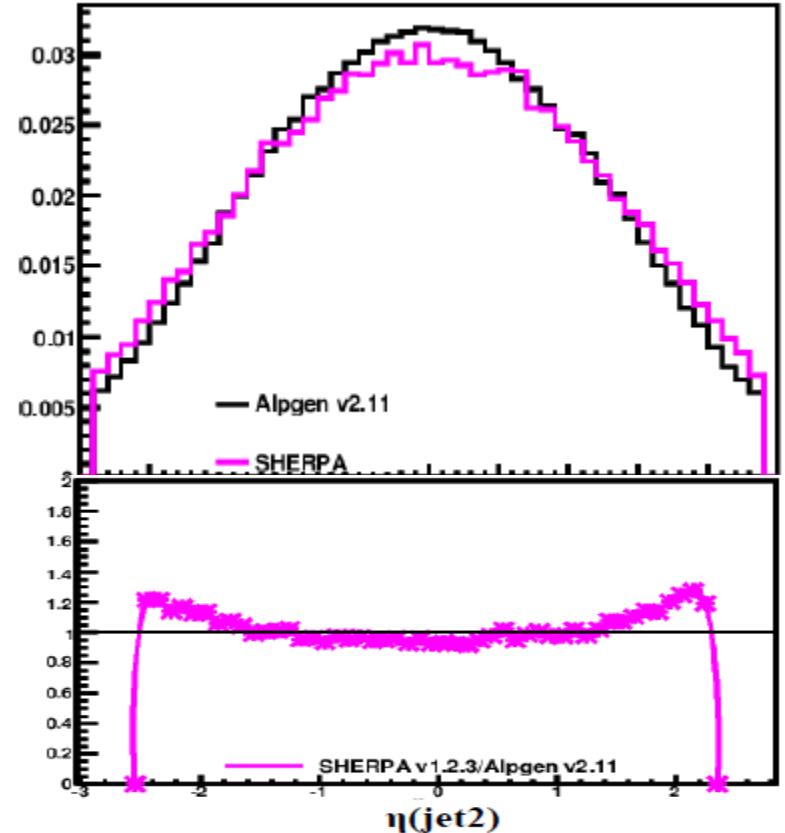
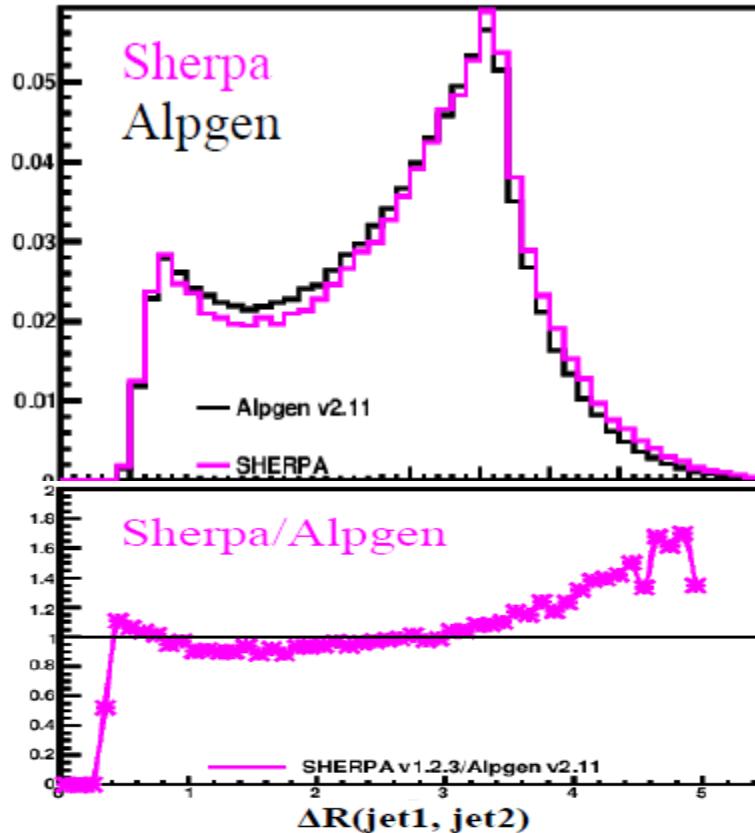
New feature on DØ b-tagging

- MVA tagger
 - Better performance
- Modeling
 - Update on TRF, Fake rate measurement
 - Systematic uncertainty reduced by 50% on fake rate.
- Usage
 - Application of TRF
 - Use all operating point.
 - Use shape of bID MVA output the final MVA
 - Two orthogonal sample
 - 2 b-tag: both jet pass Loosest tag
 - 1 b-tag: one of jet pass Loosest tag



- ALPGEN+PYTHIA is used in both CDF and D0.
 - DØ analyses apply reweighting from extracted from data to V+Jets monte carlo.
 - Lepton $|$, Jet $|$, angle between jets, W pT
 - Consistency check between lepton, data epoch, final state, etc..

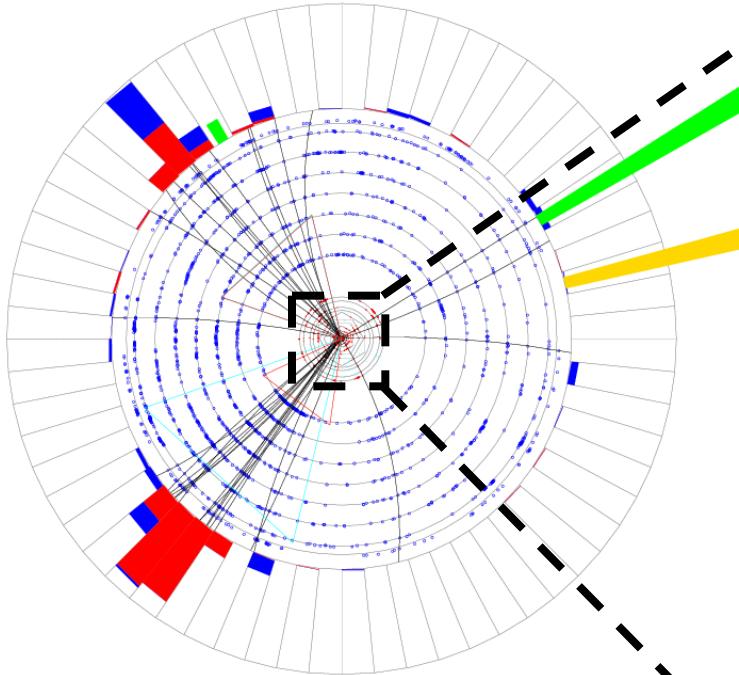
Plots courtesy of Adam Martin



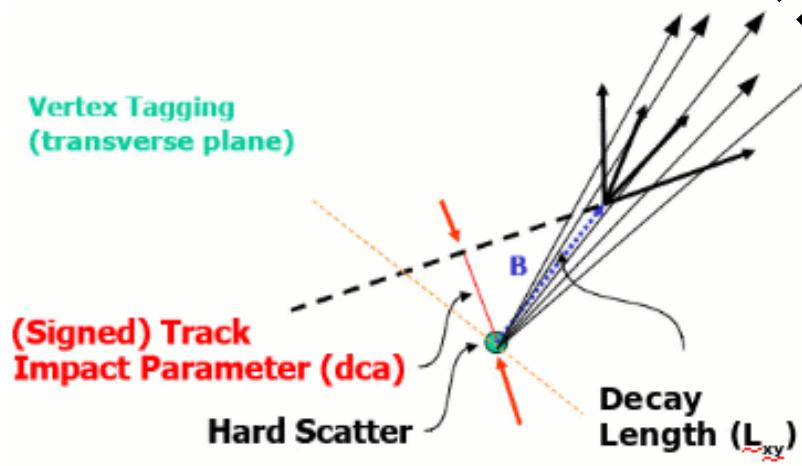
b-Jet Identification

Run 227895 Evt 117967657 Wed Nov 22 16:59:06 2006

ET scale: 18 GeV



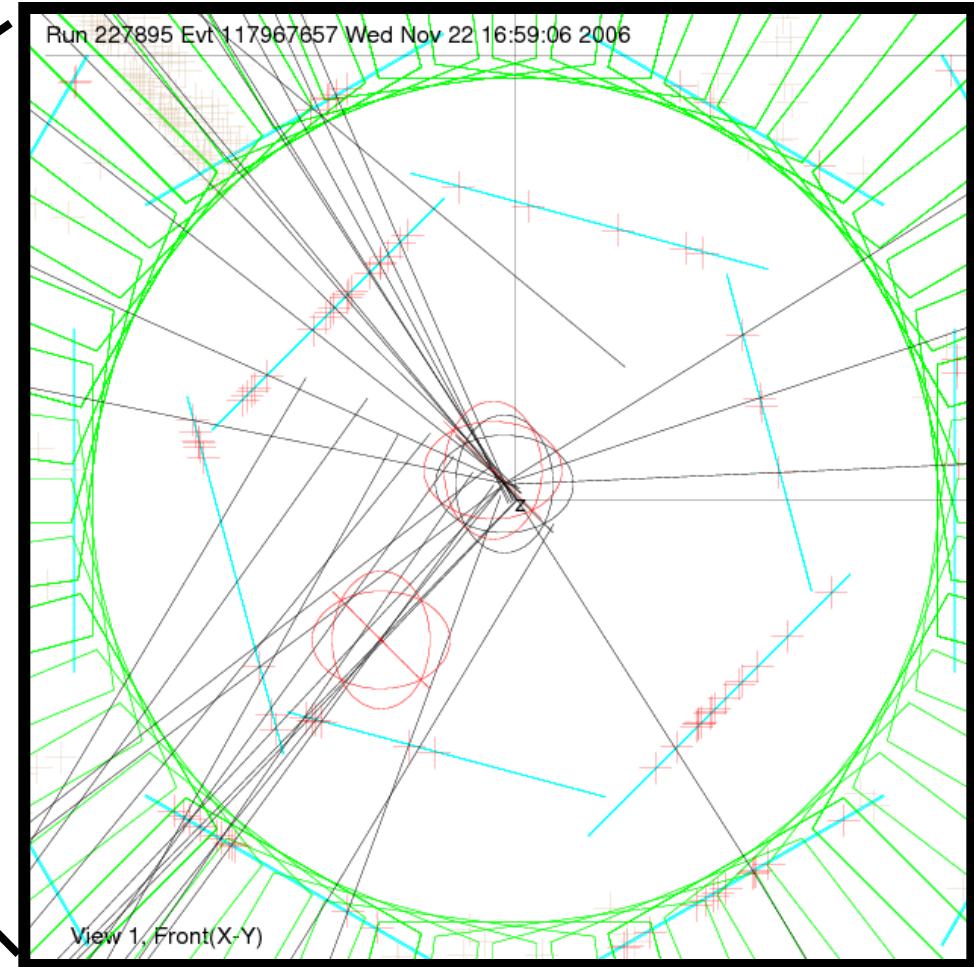
Vertex Tagging
(transverse plane)



(Signed) Track
Impact Parameter (dca)

Hard Scatter

Decay
Length (L_{xy})



- D0 analyses often use BDT with TMVA
 - “Stochastic gradient boosting” seems to be good.
 - Matrix Element analysis: takes time, not processing recently.
- CDF analyses use various MVA
 - BNN, NEAT, NN, Support Vector Machine,
 - NN is often used in the corrections (dijet mass, trigger turn-on)
 - Proceed Matrix Element analysis (not this summer)
- Key feature / Trend
 - Trying to reduce number of input variable
 - Trying to find optimal usage

An interesting example from DØ lvbb

== Build MVA in order to choose input variable ==

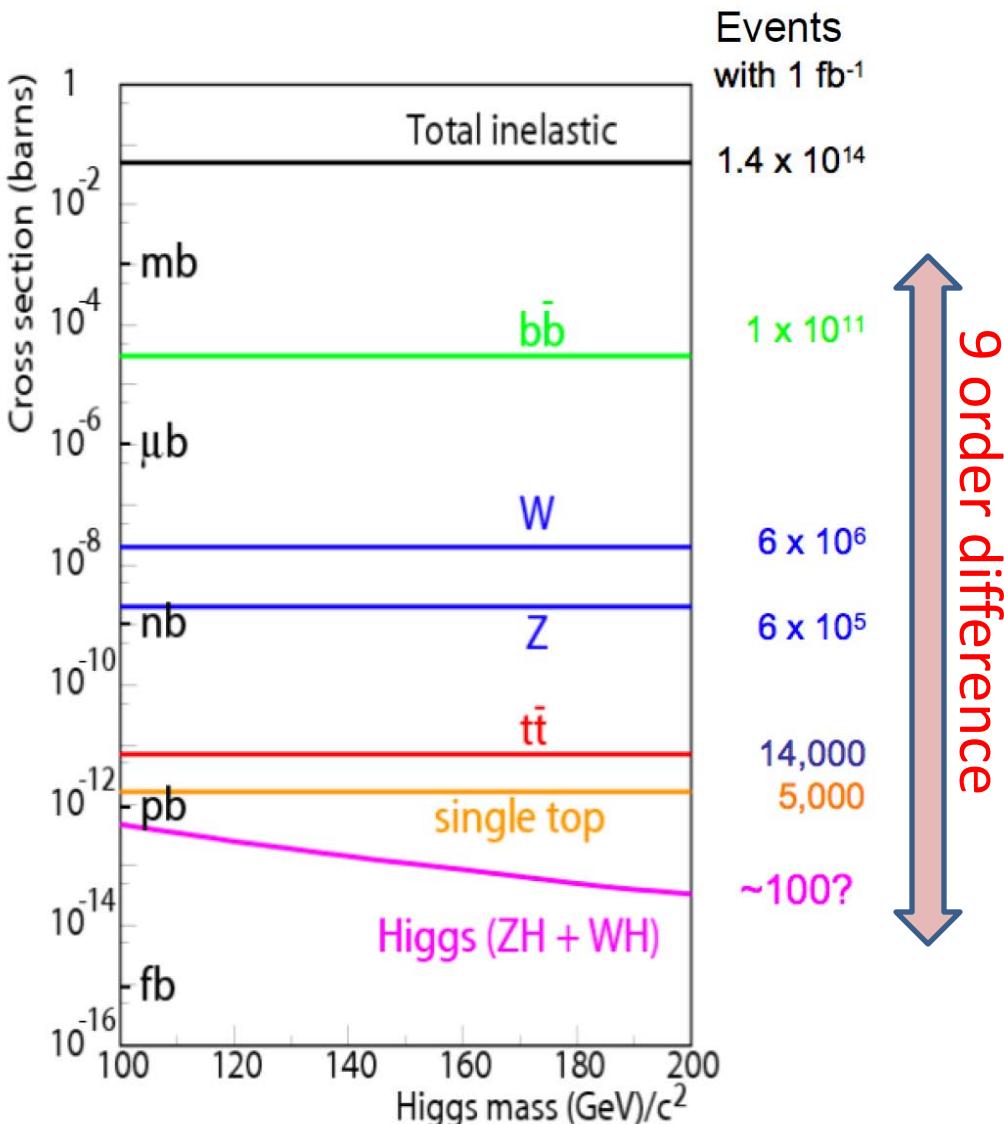
MVA for ttbar vs WH and MVA for Wbb/cc vs WH

→ Use **the union of** the

most powerful

14 variables of **two MVAs** for final MVA

- Cross section at $\sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV}$



Background Estimation

Multi-Jet : from data

W+Jet

Z+Jets

ttbar,

Diboson

s-top

ALPGEN/Pythia

Pythia

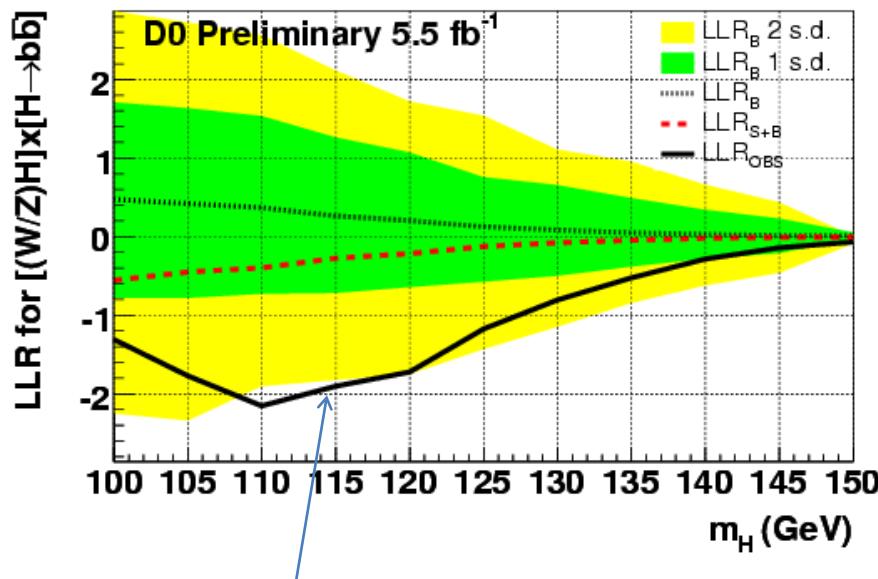
COMPHEP

Signal Estimation

WH/ZH

Pythia

- Inject expected signal event of $M_H = 115$ GeV and check how limit curve look like.
- With current luminosity, we suppose to have < 1 sigma excess in wide range due to mass resolution.
- Looks consistent what we observe in $M_H \sim 130$ GeV.



Injected signal of this plot:
 $Z\text{H} \rightarrow \nu\nu\text{bb}$ with scale factor of 4.2